

学校编码: 10384
学号: 20051403159

分类号_____密级_____
UDC_____

厦门大学

博士学位论文

多年生黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 对菲
的吸收和生理响应

Absorption, Accumulation and Physiological Responses to the
Phenanthrene Treatments by Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.)

谢明吉

指导教师姓名: 严重玲 教授
专业名称: 生态学
论文提交日期: 2008 年 5 月
论文答辩时间: 2008 年 6 月
学位授予日期:

答辩委员会主席: 黄维南 研究员
评阅人: _____

2008 年 6 月

多年生黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 对菲的吸收和生理响应

谢明吉

指导教师: 严重玲 教授

厦门大学

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

(请在以上相应括号内打“√”)

导师签名: _____ 日期: _____ 年 ____ 月 ____ 日

目录

中文摘要	i
英文摘要	iii
第一章 序 论	1
1. 1 持久性有机污染物	1
1. 2 多环芳烃	1
1. 3 多环芳烃等有机污染的修复	3
1. 4 多环芳烃等有机污染物的植物修复技术及其机理	4
1. 5 植物对有机污染物的代谢	11
1. 6 植物对多环芳烃污染的响应	12
1. 7 植物根系分泌物	14
1. 8 多环芳烃研究中常用的方法	16
1. 9 选题依据和研究内容	18
第二章 菲对多年生黑麦草萌发、生长的影响	20
2. 1 前言	20
2. 2 材料与方法	21
2. 3 结果与讨论	22
2. 3. 1 菲对黑麦草种子萌发的影响	22
2. 3. 2 菲对黑麦草生长的影响	24
2. 3. 3 菲对黑麦草叶绿素的影响	26
2. 4 小结	27
第三章 黑麦草对菲的吸收及运输	29
3. 1 前言	29
3. 2 材料和方法	29
3. 3 结果与讨论	32
3. 3. 1 菲测定方法的检验	32
3. 3. 2 黑麦草吸收运输菲的情况	33

3. 4 小结	43
---------	----

第四章 菲对黑麦草根系低分子量有机分泌物的影响	44
-------------------------	----

第一节 低分子量有机酸的测定方法研究	44
--------------------	----

4. 1. 1 前言	44
------------	----

4. 1. 2 材料与方法	44
---------------	----

4. 1. 3 结果与分析	45
---------------	----

第二节 菲对黑麦草根系低分子量有机分泌物的影响	52
-------------------------	----

4. 2. 1 前言	52
------------	----

4. 2. 2 材料与方法	52
---------------	----

4. 2. 3 结果与讨论	55
---------------	----

4. 2. 4 小结	66
------------	----

第五章 菲处理下黑麦草体内与菲代谢相关的生理响应	68
--------------------------	----

5. 1 前言	68
---------	----

5. 2 试剂和仪器	68
------------	----

5. 3 结果与讨论	70
------------	----

5. 4 小结	74
---------	----

第六章 总结和展望	75
-----------	----

6. 1 黑麦草对菲的吸收	75
---------------	----

6. 2 菲处理下黑麦草的生理响应	75
-------------------	----

6. 3 研究的不足之处	76
--------------	----

6. 4 研究展望	77
-----------	----

参考文献	78
------	----

致谢	100
----	-----

附录	101
----	-----

Content

Abstract (in Chinese).....	i
Abstract (in English).....	iii
Chapter 1 Introduction	1
1. 1 Persistent Organic Pollutants.....	1
1. 2 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.....	1
1. 3 The remediation of organic pollutants.....	3
1. 4 The phytoremediation and its mechanism of organic pollutants.....	4
1. 5 The metabolism of PAHs in plant.....	11
1. 6 The response of palnt to PAHs.....	12
1. 7 Plant root exudates.....	14
1. 8 The methods in PAHs research.....	16
1. 9 Aim and main content in this study.....	18
Chapter 2 The effect of phenanthrene on ryegrass germination and growth	20
2. 1 Preface.....	20
2. 2 Materials and methods.....	21
2. 3 Results and discussion.....	22
2. 3. 1 The effect of phenanthrene on ryegrass germination.....	22
2. 3. 2 The effect of phenanthrene on ryegrass growth.....	24
2. 3. 3 The effect of phenanthrene on the content of chlorophyl.....	26
2. 4 Summary.....	27
Chapter 3 The absorption and transfer of phenanthrene by ryegrass	29
3. 1 Preface.....	29

3. 2 Materials and methods·····	29
3. 3 Results and discussion·····	32
3. 3. 1 The analysis of phenanthrene·····	32
3. 3. 2 The absorption and transfer of phenanthrene by ryegrass·····	33
3. 4 Summary·····	43

Chapter 4 The effect of phenanthrene on the secretion of organic content by ryegrass root·····44

Section 1 The analysis of low molecular weight organic acid·····44

4. 1. 1 Preface·····	44
4. 1. 2 Materials and methods·····	44
4. 1. 3 Results and discussion·····	45

Section 2 The effect of phenanthrene on the secretion of organic content by ryegrass root·····52

4. 2. 1 Preface·····	52
4. 2. 2 Materials and methods·····	52
4. 2. 3 Results and discussion·····	55
4. 2. 4 Summary·····	66

Chapter 5 The physiological response related to the phenanthrene metabolism of ryegrass to phenanthrene treatment·····68

5. 1 Preface·····	68
5. 2 Materials and methods·····	68
5. 3 Results and discussion·····	70
5. 4 Summary·····	74

Chapter 6 Conclusions and expectation·····75

6. 1 The absorption of phenanthrene by ryegrass.....	75
6. 2 The physiological response of ryegrass to phenanthrene treatment	75
6. 3 Lack of this study.....	76
6. 4 The expectation.....	77
Reference	78
Acknowledgments	100
Appendix	101

摘 要

多环芳烃污染是近年来受到广泛关注的一个环境问题,但是由于相关研究开展较晚,目前对于多环芳烃污染的植物修复、农产品安全等方面的机理研究仍不充分。

本文以多年生黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 为研究对象,以菲为多环芳烃的代表,采用溶液培养的手段,探讨了植物对多环芳烃的吸收、积累和体内运输以及植物生长、根系分泌、体内解毒酶的反应,研究结果如下:

(1) 黑麦草对菲的吸收、积累、运输: 黑麦草能够从溶液中吸收菲,并且能够将根系吸收的菲向地上部分运输;黑麦草根系和地上部分吸收菲的浓度与溶液中菲的浓度有关,处理浓度越高,黑麦草体内菲的浓度也越高;黑麦草体内菲的积累与处理时间也有关系,处理 6d 后地上部分和根系菲的浓度都比处理 3d 时显著降低,进一步研究其积累的绝对量发现,处理 6d 后黑麦草地上部分菲积累量较 3d 处理减少,说明在黑麦草地上部分存在明显的菲降解、而处理 6d 后,黑麦草根系积累菲的绝对量较 3d 处理仍有上升,说明黑麦草根系持续吸收溶液中的菲,并且吸收速率远高于根系将菲向地上部分运输的速率,从而造成根系内菲的不断积累;通过计算菲在黑麦草体内的富集系数和传导系数发现,菲在黑麦草体内传导系数小,不超过 0.0262,说明黑麦草吸收的菲主要被根部积累,能够在体内向地上部分运输的量很有限;经过一段时间的培养,黑麦草生长的溶液中菲的含量显著降低,但进一步分析黑麦草积累菲对溶液中菲消散的贡献率发现,黑麦草的积累对溶液中菲的消散贡献不大,不超过 0.724%,由此得出,植物吸收不是溶液中菲消失的主要原因,推测是由于黑麦草存在下,溶液中微生物与植物的共同作用导致溶液中菲含量显著下降。

(2) 菲对黑麦草根系分泌物的影响: 菲处理下,黑麦草根系分泌的低分子量有机分泌物含量发生变化,低浓度菲处理能够刺激根系分泌氨基酸和总糖,但浓度升高后,根系分泌的氨基酸和总糖含量下降,而菲对根系有机酸的分泌都表现为促进作用;分析了根系分泌的低分子量有机物组成后发现,低分子量有机酸是根系分泌的主要低分子量有机物,而草酸又是黑麦草分泌的主要低分子量有机酸;在对黑麦草根系积累的有机酸进行分析后发现,黑麦草根系内部积累的低分

子量有机酸在组成上与根系分泌的低分子量有机酸一致,在菲处理下,黑麦草根系有机酸总量变化不大,推测黑麦草根系有机酸的代谢受菲的影响较小;随着菲处理浓度的升高,黑麦草根系有机酸分泌、积累比持续上升,结合其他研究推测,这种促进作用可能对土壤中菲的解吸附有重要意义;各浓度的菲处理均没有引起黑麦草根系活力的下降,黑麦草根系对菲表现出了较强的抗性。

(3) 菲对黑麦草萌发生长的影响:从萌发率的角度看,当菲处理浓度不超过 8 mg/L 时,黑麦草的种子萌发率与空白对照无显著差异;从种子萌发的时间看,在萌发前 4 天,菲对黑麦草种子的萌发有显著的延迟作用,但是到了 6 天后,这种延迟现象消失;从黑麦草幼苗的生长情况来看,幼苗根长和生物量受菲处理的影响表现相同,均在低浓度菲处理下升高,而随着处理浓度继续上升,表现出下降趋势;从黑麦草叶绿素含量来看,菲处理下,黑麦草的叶绿素含量没有下降,且叶绿素 a / b 的值保持稳定;综合以上各指标发现,黑麦草对菲具有一定的耐受能力。

(4) 黑麦草体内与菲代谢相关的生理响应:由于进入体内的菲代谢产生氧自由基,诱导了黑麦草的超氧化物歧化酶活性在高浓度菲处理 6d 后显著提高,以清除自由基,避免细胞损伤;在菲处理 3d 后,最高浓度 (8 mg/L) 处理下,黑麦草谷胱甘肽-S-转移酶 (GST) 活性较对照组显著上升、在菲处理 6d 后,菲处理组的 GST 活性均显著高于对照组,而各个菲处理浓度组 GST 活性又随处理浓度升高显示出上升趋势;菲处理下,还原型谷胱甘肽 (GSH) 在植物体内含量增加,且增加趋势随处理时间延长和处理浓度升高而愈加明显;这些生理指标显示:黑麦草吸收到体内的菲进行了代谢,并且刺激相关代谢生理指标的上升。

关键词: 菲; 多年生黑麦草; 吸收; 生理响应

Abstract

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) pollution is an environmental problem which is focused by many researchers in recent years. But due to the short research history, many aspects in this field such as phytoremediation mechanism and the safety of agricultural products are not sufficiently discussed.

In this research, we chose perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) as our research material and phenanthrene as a typical PAH, and a solution culture experiment was performed to discuss such problems: the absorption, transfer and accumulation of phenanthrene by ryegrass; the response of plant growth, root exudates and detoxification enzymes to phenanthrene. Our main results were listed as below:

(1) The absorption, transfer and accumulation of phenanthrene by ryegrass: ryegrass was able to absorb phenanthrene from culture solution, and phenanthrene which had been absorbed by ryegrass root could be transferred to the overground part; the concentrations of phenanthrene in ryegrass root, overground part were related to both the concentration of phenanthrene in culture solution and the exposure time, the higher concentration of phenanthrene in culture solution, the more phenanthrene in plant tissue. After been exposed to phenanthrene for 6 days, the phenanthrene concentrations in plant root and over ground part were all lower than the plant which were exposed for 3 days, considering the plant growth during exposure time, we found that the content of phenanthrene in overground part declined which meant phenanthrene degradation happened in overground part, however, the content in root kept increasing which meant the root was continuously absorbing phenanthrene from culture solution. Plant Concentration Factor and Translocation Factor were all calculated to understand the transfer of phenanthrene in ryegrass; we found that the transfer of phenanthrene in plant was quite limited; the phenanthrene uptake by plant was mainly absorbed in root. Plant uptake and accumulation of phenanthrene was not the main reason which induced the decline of phenanthrene concentration.

(2) The impact of phenanthrene on root exudates: phenanthrene affected the organic contents in ryegrass root exudates, relatively lower concentration of phenanthrene stimulated the secretion of amino acids and saccharide, but under high concentration of phenanthrene treatment, the secretion of amino acids and saccharide were restrained. Organic acids were the main part of organic content in ryegrass root exudates, and oxalic acid was the dominant organic acids secreted by ryegrass, under all treatments of phenanthrene in this experiment, oxalic acid secretion were

stimulated compared with control. In ryegrass root, oxalic acid was also the dominant organic acid accumulated in root, after calculation we found that the total organic acid (organic acids in root exudates + organic acids accumulated in root) seemed to be stable under phenanthrene treatments, while the organic acids secretion was enhanced with the phenanthrene concentration increased. The root activity also tested, data showed that, in all treatment the activity of plant root didn't decline. Considering other researches in this field, we speculated that the stimulated organic acids secretion may play an import part in the absorption-desorption of phenanthrene in soil.

(3) The effect of phenanthrene on ryegrass growth: the germination rate of ryegrass wasn't affected by phenanthrene when its concentration didn't exceed 8 mg/L, while all concentration of phenanthrene showed delay effect on ryegrass germination at the first 4 days of germination. Phenanthrene had the same effect on the root length and biomass, at relatively low concentrations, the root elongation and seedling growth were stimulated by phenanthrene, but at relatively high concentrations, they were restrained by phenanthrene. Under all treatments, the chlorophyll contents and chlorophyll a/b maintained stability. All these indexes showed that ryegrass had a certain degree of tolerance to phenanthrene.

(4) The physiological response related to the phenanthrene metabolism in ryegrass under phenanthrene treatment: the plant could metabolize phenanthrene, and oxygen radicals were the by-product in this procedure. In this study, we found that the SOD activity rose significantly after treated by relatively high concentration of phenanthrene for 6 days. GST activity significantly rose under 8 mg/L treatment for 3 days, after 6 days, GST activity of all the samples treated by phenanthrene were higher than control. Phenanthrene also could induce the increasing of GSH in plant. These physiological responses indicated that the ryegrass could metabolize phenanthrene in its tissues.

Keywords: phenanthrene; *Lolium perenne* L.; absorption;
physiological response.

第一章 序 论

1. 1 持久性有机污染物

持久性有机污染物 (Persistent Organic Pollutants, POPs) 是指具有长期残留性、生物蓄积性、半挥发性和高毒性, 并通过各种环境介质 (大气、水、生物体等) 能够长距离迁移并对人类健康和环境具有严重危害的天然或人工合成的有机污染物^[1]。

持久性有机污染物的主要特性表现在:

(1) 持久性: 这类化合物较难分解, 一旦被排放到环境中, 就可以在土壤、水体等环境介质中存留很长的时间。

(2) 生物蓄积性: 这一类化合物一般都具有亲脂性的物理化学性质, 这使其能够在食物链中不断进行积累、放大, 对较高营养级的生物造成危害。

(3) 可迁移性: 持久性有机化合物具有的半挥发性使得它们能够以蒸汽形式存在或吸附在大气颗粒上, 便于在大气环境中做远距离迁移, 同时这种适度的挥发性又使得它们不会永久停留在大气中, 能重新沉降到地球上。持久性有机污染物会随着大气和水的流动以及动物迁徙等到达距离污染源较远的地方, 并通过“全球蒸馏效应”实现长距离越境迁移, 最终沉降到地球的偏远极地地区, 从而导致全球性污染。

(4) 高毒性: 这类化合物大多具有“三致”效应, 即致癌、致畸、致突变。生物在与一定浓度的持久性有机污染物接触后, 会引发中毒反应。

由于持久性有机污染物具有以上的特性, 它们会对人类健康和全球环境构成极大威胁。目前的监测研究显示: 从赤道到极地的各种环境介质 (大气、气溶胶、水体、土壤、沉积物等) 以及动物组织中均发现了持久性有机污染物, 人类已经处于持久性有机污染物的包围中。持久性有机污染已经成为一个新的全球性环境问题而受到广泛的关注。




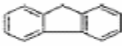

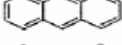
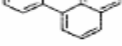
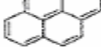
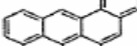
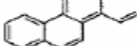
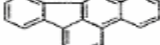
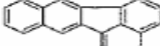
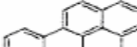
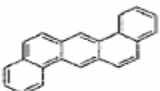
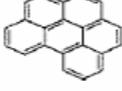
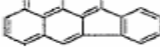
1. 2 多环芳烃

多环芳烃 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 是一类常见的持久性有机污染物, 它是指分子中包含有两个或两个以上苯环的碳氢化合物, 并且相邻的苯环至少有两个共用碳原子, 这些苯环以线状、角状或簇状排列形成稠环型化

合物。多环芳烃对生物体具有强烈的致癌致畸变作用^[2], 1979 年, 美国环保局(EPA)首先公布 129 种优先监测污染物, 其中 PAHs 有 16 种^[3、4]。表 1—1 是这 16 种亲体多环芳烃的化学式、结构式和部分物理化学性质, 欧洲和中国也将多环芳烃列入了优控污染物名单^[5、6]

表 1—1 16 种亲体多环芳烃^[7]

Table 1-1 16 parent PAHs

名称	分子量	溶解度 (mg L ⁻¹)	log P	K _{oc}	结构式
Naphthalene C ₁₀ H ₈	128	31.00	3.30	2.00 10 ³	
Acenaphthylene C ₁₂ H ₈	152	16.10	3.94		
Acenaphthene C ₁₂ H ₁₀	154	3.90	3.92	7.08 10 ³	
Fluorine C ₁₃ H ₁₀	166	1.90	4.18	1.38 10 ⁴	
Phenanthrene C ₁₄ H ₁₀	178	1.15	4.46		
Anthracene C ₁₄ H ₁₀	178	0.045	4.54	2.95 10 ⁴	
Fluoranthene C ₁₆ H ₁₀	202	0.26	5.20	1.07 10 ⁵	
Pyrene C ₁₆ H ₁₀	202	0.132	5.18	1.05 10 ⁵	
Benz[<i>a</i>]anthracene C ₁₈ H ₁₀	228	0.0094	5.76	3.98 10 ⁵	
Chrysene C ₁₈ H ₁₂	228	0.002	5.81	3.98 10 ⁵	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene C ₂₀ H ₁₂	252	0.0015	5.80	1.23 10 ⁶	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene C ₂₀ H ₁₂	252	0.0008	6.00	1.23 10 ⁶	
Benzo[<i>a</i>]pyrene C ₂₀ H ₁₂	252	0.0016	6.13		
Dibenz[<i>ah</i>]-anthracene C ₂₂ H ₁₄	278	0.0006	6.75	3.80 10 ⁶	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene C ₂₂ H ₁₂	276	0.00026	6.63		
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]-pyrene C ₂₂ H ₁₂	276	0.0002	6.70	3.47 10 ⁶	

多环芳烃的产生分为天然源和人为源，火山活动、森林火灾等是天然的PAHs的主要来源。Soren等^[8]发现：在特殊的条件下，微生物和植物能够微量合成某些多环芳烃。

然而，与人为途径产生的多环芳烃相比，天然来源的多环芳烃并不是构成目前环境中多环芳烃的主要部分。因此，通常意义上的多环芳烃污染物都是来源于人为途径，每年人类活动大约要向全球大气和海洋分别排放约几十万吨的多环芳烃^[9、10]。人为源来自工业生产和加工（如焦炭、碳黑和煤焦油的生产、原油及其衍生物的精炼和分馏等），以及有机物的不完全燃烧等过程。在人为源中，人为的燃料燃烧是工业发达国家和城市地区多环芳烃的重要贡献因子。

多环芳烃广泛分布于水体、土壤和大气中，在全球乃至我国许多地方已出现较严重污染的情况。多环芳烃由于性质稳定、难于降解，在环境中呈不断积累的趋势，严重危害人类健康，因此，多环芳烃污染及其修复技术越来越受到研究者的重视。

1.3 多环芳烃等有机污染的修复

多环芳烃等有机污染物的修复包括物理化学法修复、化学法、植物修复、生物修复等修复方式^[11]。

物理化学法主要是通过溶剂洗脱、热脱附、吸附和浓缩等物理化学过程将有机化合物从土壤中去。表面活性剂是常用的污染土壤清洗剂，它能改进憎水性有机物的溶解性和生物可利用性，热脱附法是指通过加热将土壤中污染物变成气体从土壤表面或孔隙中去除的方法。

化学法是将土壤中的有机化合物分解或转化为其它无毒或低毒性物质，主要包括化学修复技术、光催化修复技术、电化学修复技术、微波分解及放射性辐射分解修复技术等。但是化学修复技术存在着较为明显的缺陷：费用高、容易对环境造成二次污染、可操作性差；此外，对于大规模的土壤污染，化学治理方法存在具体运作上的困难。

微生物修复在处理多环芳烃等持久性有机污染土壤已有广泛研究。从菌种来源看，有机污染物的降解菌可分为土著菌、外来菌和基因工程菌。受数量和降解活性的影响，土著菌处理土壤污染的效率往往不高。实际修复中常从土壤中分离

专性微生物，经筛选和驯化后再接种到土壤中，以提高土壤污染的修复效率。这些专性菌只能降解特定类型的污染物，且外来菌易受到土著微生物的竞争，只有大量接种才能形成优势，由此也易造成土壤微生态环境的不利影响。基因工程菌是利用基因工程技术将多种降解基因转入微生物体内，使其具有广谱的降解能力；但迄今，基因工程菌可能存在潜在的生态风险，在国际上其环境安全问题仍存在很大争议，实际应用仍受到严格限制。

近年来，植物修复法是利用植物及其根际圈微生物体系的吸收、挥发和转化、降解的作用机制来清除环境中污染物质的一项新兴的污染环境治理技术。具体地说，利用植物本身特有的利用污染物、转化污染物，通过氧化—还原或水解作用，使污染物得以降解和脱毒的能力，利用植物根际圈特殊的生态条件加速土壤微生物的生长，显著提高根际圈环境中微生物的生物量和潜力，从而提高对土壤有机污染物的分解作用的能力，以及利用某些植物特殊的积累与固定能力去除土壤中某些无机和有机污染物的能力，被称为植物修复。植物修复法由于相对花费较少、对环境无二次污染等原因受到了广泛的关注^[13-17]。

1. 4 多环芳烃等有机污染物的植物修复技术及其机理

广义的植物修复包括了植物对空气、污水、土壤等环境的净化、治理。植物修复技术属于原位修复的范畴，因此具有原位修复的许多优点：

- (1) 利用修复植物的提取、挥发、降解作用可以长期地解决环境污染问题；
- (2) 修复植物的稳定作用可以绿化污染环境，使地表稳定，防止污染土壤因风蚀或水土流失带来的污染扩散问题；
- (3) 修复植物的蒸腾作用可以防止污染物质对地下水的二次污染；
- (4) 可以尽可能地减少由于土壤清洁造成的场地破坏，对环境扰动少，减少来自公众的关注和担心；
- (5) 经过植物修复的土壤，其有机质含量和土壤肥力都会增加，一般适于农作物种植，符合可持续发展战略；
- (6) 植物修复的过程也是绿化环境的过程，易于为社会所接受；
- (7) 植物修复的成本低，可以在大面积污染土壤上使用；
- (8) 从技术应用过程来看，植物修复是可靠的、环境相对安全的技术；

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库